

DIAGNOSTIC ET TRAITEMENT DES DYSRYTHMIES CHEZ LE CHIEN : INTÉRÊT DE L'EXAMEN HOLTER

DIAGNOSIS AND TREATMENT OF CANINE DYSRHYTHMIA: UTILITY OF HOLTER MONITORING

Par Jean-François ROUSSELOT⁽¹⁾
(communication présentée le 26 avril 2007)

RÉSUMÉ

L'examen Holter chez le chien permet une étude du rythme cardiaque sur une durée de 24 à 48 heures. Il nécessite la pose d'électrodes sur le thorax, reliées à un boîtier enregistreur. L'activité électrique est convertie en un signal analogique (cassette « audio ») ou numérique (carte numérique). L'analyse du tracé se réalise dans un centre spécialisé (Holter analogique) ou sur un simple ordinateur (Holter numérique). Chez le chien, l'évaluation automatique du rythme cardiaque, à partir de systèmes dédiés à la médecine humaine, expose à de nombreuses erreurs et ne dispense pas d'une lecture attentive de l'ensemble du tracé. L'intérêt principal de l'examen Holter est le diagnostic et le suivi des troubles du rythme et de leurs caractéristiques, l'examen conventionnel étant insuffisant, de par sa brièveté d'enregistrement, à renseigner le clinicien. Cet examen a néanmoins ses limites : malgré la longue durée de l'enregistrement, il n'est pas toujours possible d'établir une corrélation entre les signes cliniques et les anomalies du rythme observées.

Mots clés : Holter, rythmologie, troubles du rythme, chien, électrocardiogramme.

SUMMARY

Holter monitoring in dogs is used to study the electrocardiographic pattern over 24 to 48 hours. Electrodes are positioned on the thorax and connected to a recording device. The pattern is memorised on an « audio » tape or on a digital recorder. The pattern is then analysed in a specialist centre (analog data) or by an ordinary computer (digital data). In dogs, automatic analyses of the cardiac rhythm produce numerous errors and require a careful reading of the whole pattern. The main interest of Holter monitoring is the diagnosis and follow-up of rhythm disorders and their characteristics, as conventional electrocardiography is often inadequate due to its short period of recording. However, this examination does have its limits: despite the long period of recording, it is not always possible to establish a correlation between clinical signs and pattern anomalies.

Key words: Holter, rhythmology, rhythm disorders, dog, electrocardiogram.

(1) Docteur Vétérinaire, Clinique du Clos des Camélias, 72 Boulevard Charles de Gaulle, 92700 Colombes.

Si, lors d'une syncope chez un labrador au cours d'un effort, l'examen électrocardiographique conventionnel ne révèle pas d'anomalie, la possibilité d'une dysrythmie peut-elle être éliminée ? Une tachycardie rapide chez un caniche émotif est-elle la conséquence de son stress ou de son endocardiose mitrale ? Le traitement d'une tachycardie ventriculaire chez un boxer traité par un antiarythmique, est-il vraiment bien adapté, si le tracé électrocardiographique est normal ? Comme chez l'homme, la survenue transitoire des troubles du rythme, rend insuffisant, chez le chien, l'enregistrement ponctuel de l'activité électrocardiographique et impose de lui préférer une analyse pendant plusieurs heures.

L'enregistrement électrocardiographique de longue durée ou ECG ambulatoire a été mis au point par Norman J. Holter, au début des années 1960 (Adamec & Adamec, 2000). L'appellation ECG Holter correspond à un enregistrement de l'électrocardiogramme pendant au moins 24 heures.

L'objectif premier de cet examen en médecine humaine consistait à mieux comprendre le rythme cardiaque puisqu'il élargit l'horizon de l'électrocardiogramme de quelques secondes à 24 heures. Il a ensuite largement contribué au diagnostic des ischémies myocardiques. Son intérêt diagnostique, thérapeutique (évaluation de l'efficacité et de la tolérance des médicaments), et parfois pronostique, sa contribution à une meilleure connaissance des mécanismes d'une arythmie l'ont rendu indispensable au cardiologue de médecine humaine. Chez les carnivores, ses bénéfices sont comparables à ceux décrits chez l'homme (Moïse & DeFranseco, 1995 ; Petrie 2005).

MATÉRIEL D'ENREGISTREMENT

Le rythme cardiaque était initialement enregistré sur une bande magnétique contenue dans un boîtier volumineux et lourd. Grâce aux cassettes « audio » de petit format, la taille du boîtier d'enregistrement a été considérablement réduite. Le recueil des données sur une carte type carte « Flash », a permis de miniaturiser l'enregistreur. Parallèlement, la lecture du signal a fait des progrès : les cassettes magnétiques ne pouvaient être analysées que par quelques centres équipés du matériel nécessaire et le résultat était rendu après un délai, sous forme d'un volumineux document « papier » où figuraient tracé et rapport d'analyse. Avec les enregistreurs numériques, la carte peut être lue et le tracé analysé par tout ordinateur pourvu du logiciel permettant son décryptage (*figure 1*).

TECHNIQUE D'ENREGISTREMENT

L'utilisation de deux ou préférentiellement, de trois dérivations bipolaires, permet de suivre l'évolution de l'activité électrique selon plusieurs angles. Des électrodes autocollantes sont posées en divers points standardisés du thorax après avoir largement rasé et dégraissé la peau (Goodwin, 1998). Le faisceau de fils est relié au boîtier (*figure 2*). Un manteau contenant une pochette dans laquelle est placé le boîtier, recouvre le thorax, protège le

matériel d'enregistrement (Rousselot 2004). Le boîtier numérique, doté d'un écran, permet de vérifier la qualité du tracé dans les trois dérivations avant de lancer l'enregistrement.

Pendant l'enregistrement, l'animal continue à vivre normalement. Il est important de demander au propriétaire de noter avec précision l'heure des principaux événements susceptibles d'être en relation avec des modifications du rythme (effort, repas, sommeil, épisode de fatigue ou d'essoufflement, syncope...). Cette contribution du propriétaire est indispensable pour rechercher la corrélation entre troubles du rythme et signes cliniques.



Figure 1 : Le boîtier d'enregistrement numérique a remplacé le boîtier analogique. La carte « Flash », à droite de l'enregistreur, peut être lue par un ordinateur conventionnel qui dispose d'un logiciel spécifique. Le petit écran à affichage sur le boîtier permet de visualiser le tracé et de vérifier sa qualité avant de lancer l'enregistrement.



Figure 2 : Mise en place des électrodes chez un teckel. Cinq ou sept électrodes, placées en divers points standardisés du thorax, permettent de recueillir le signal électrique selon plusieurs angles.

RÉSULTATS DE L'ENREGISTREMENT

Selon le type de système Holter, le tracé ECG (2 ou 3 dérivations simultanées) peut être lu sur le document papier (Holter analogique) ou visualisé sur l'ordinateur (mode « pré-visualisation » avec un appareil numérique). Cette étape permet une appréciation première et globale de l'ensemble du tracé. Le signal électrique est ensuite analysé automatiquement. Il classe les ventriculogrammes (complexes QRS), selon leurs modèles morphologiques, en plusieurs catégories : N (complexe normal), VE (complexe ectopique ventriculaire), SVE (complexe ectopique supraventriculaire), A (artefact). Les complexes induits par un pace maker sont également reconnus par certains logiciels. L'analyse automatique interprète le tracé et le rapport Holter résume les informations fournies.

Ces informations concernent principalement :

- la qualité du tracé et la proportion d'artéfacts électriques,
- la fréquence cardiaque : évolution de sa valeur absolue au cours de l'enregistrement (détection des périodes de bradycardie et de tachycardie) et analyse de sa variabilité,
- les caractéristiques des troubles rythmiques identifiés, qu'ils soient d'origine supraventriculaire ou ventriculaire,
- les modifications morphologiques du segment ST,

Les résultats sont présentés sous la forme de tableaux et d'histogrammes.

VALIDITÉ DE L'ANALYSE AUTOMATIQUE

La bonne qualité de l'enregistrement conditionne la validité de l'interprétation par le lecteur et par l'analyse automatique. Les artéfacts peuvent être liés à une mauvaise fixation des électrodes, à un mauvais contact peau - électrodes, à des contractions musculaires ou à des mouvements des électrodes au cours des déplacements de l'animal. L'enregistrement de trois dérivations limite le risque de périodes illisibles, dans la mesure où au moins une ou deux dérivations restent interprétables. D'autres artéfacts tenant aux modifications de la vitesse de défilement de la bande magnétique ont maintenant disparu grâce à l'enregistrement numérique.

Il n'existe pas encore de programme d'analyse conçu pour les carnivores ni de programme utilisé chez l'homme, validé chez le chien. Les résultats de l'analyse automatique devront donc être critiqués par le cardiologue après une lecture directe du tracé : l'erreur d'interprétation automatique la plus courante est de confondre l'arythmie sinusale respiratoire (très souvent plus marquée chez le chien que chez l'homme) avec une succession de complexes sinusaux et d'extrasystoles supraventriculaires. Un des avantages majeurs du dispositif numérique est de permettre de paramétrer le logiciel et de requalifier *a posteriori* les ventriculogrammes qu'il a mal interprétés (figure 3).

LES INDICATIONS DE L'EXAMEN HOLTER

Chez le chien, l'examen Holter est indiqué lors de fatigue brutale, lors de syncope, quand une dysrythmie est suspectée. Lors de syncopes, l'intérêt de son utilisation, par rapport à l'examen électrocardiographique ponctuel, est bien confirmé dans une étude rétrospective portant sur 44 chiens (Miller *et al.* 1999). Ses limites sont aussi précisées : l'imputabilité de l'arythmie est parfois incertaine et la syncope ne se manifeste pas forcément pendant la durée de l'examen Holter.

Au-delà de la recherche des troubles cardiaques associés à des syncopes, le champ d'application du Holter comprend :

- l'étude de la fréquence cardiaque et de ses variations physiologiques et pathologiques. Olsson étudie, par exemple, les variations de la fréquence cardiaque lors de la gestation et de la lactation (Olsson *et al.* 2003). La variabilité de la fréquence cardiaque est un paramètre de plus en plus considéré. L'examen Holter détermine de façon précise de cette variabilité. Les travaux de l'équipe de Calvert chez le doberman, race prédisposée à une dégénérescence musculaire cardiaque, la cardiomyopathie dilatée, sont éloquentes à ce sujet : la réduction de la variabilité caractérise les formes les plus sévères de cette affection cardiaque (Calvert & Wall, 2001a, 2001b, 2002) ;
- la recherche et l'étude de toute dysrythmie (Meurs *et al.* 2001). De très nombreuses affections, tant cardiaques qu'extra-cardiaques, sont susceptibles d'être à l'origine d'arythmies. Citons, par exemple, une étude réalisée chez des chiens traumatisés (renversés par une voiture) montrant que les troubles ventriculaires sont très fréquents pendant les premières 24 heures (Snyder *et al.* 2001). L'anesthésie et la période post-anesthésique sont également des circonstances très favorables au développement de troubles du rythme (Buhl *et al.* 2005). Ces deux situations montrent combien il est important de surveiller le rythme cardiaque ;
- l'évaluation de l'efficacité d'une thérapeutique antiarythmique et la détection d'effets secondaires (effets proaryth-

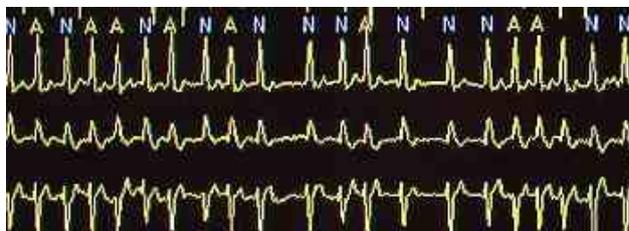


Figure 3 : Extrait d'un enregistrement (trois dérivations simultanées) montrant une fibrillation atriale (tachycardie supraventriculaire, en permanence irrégulière, avec une absence d'onde P). Ce trouble rythmique est souvent mal interprété par l'analyse automatique y compris chez l'homme. Les complexes notés N (pour normaux) par l'analyse automatique ne le sont pas, puisqu'ils ne sont pas précédés d'une onde P ; les complexes notés A considérés comme des artéfacts par l'analyse automatique sont en fait de même nature que les complexes notés N et ne sont donc pas des artéfacts.

mogènes en particulier). Que ce soit lors du traitement d'un individu ou de la comparaison entre un groupe d'animaux traités et non traités, l'examen Holter renseigne sur l'effet réel d'une thérapeutique antiarythmique : évaluation de l'efficacité d'un traitement de la fibrillation atriale avec la digoxine seule ou en association avec un inhibiteur calcique, le diltiazem (Gelzer *et al.* 2004), intérêt du traitement antiarythmique chez le doberman présentant une cardiomyopathie dilatée (Calvert & Brown, 2004);

- la détection précoce, le pronostic, le suivi de cardiopathies et en particulier, de certaines formes de cardiomyopathies telles que la cardiomyopathie du doberman, la cardiomyopathie arythmogène du ventricule droit du boxer, les troubles du rythme héréditaire du berger allemand... (Calvert *et al.* 2000 a; Calvert *et al.* 2000 b; Calvert & Wall, 2001 c; Spier & Meurs 2004 a, 2004 b);
- la recherche d'ischémie ou d'hypoxie myocardique par l'étude de l'onde T et des intervalles QT et ST (Davainis *et al.* 2004);
- les effets, sur le rythme, des médicaments en cours d'étude par l'industrie pharmaceutique (effet arythmogène, dispersion de l'intervalle QT) (Väisänen *et al.* 2005).

NORMAL OU ANORMAL ?

Après avoir enregistré, lu le tracé et réalisé le bilan rythmologique, deux questions importantes se posent :

- où se situe la limite entre le normal et le pathologique ? Les extrasystoles ventriculaires (ESV), par exemple, sont fréquentes chez le chien. Les critères exacts qui permettent de différencier les ESVs sans conséquences des ESV qui seront responsables d'une mort subite, sont encore partiellement inconnus. Le nombre élevé de doublets, de triplets, de salves, le polymorphisme des complexes, leur prématurité sont considérés comme des facteurs prédisposants à une mort subite mais leur impact réel n'est pas encore élucidé. L'examen Holter contribuera à infirmer ou confirmer ces hypothèses. Grâce à cet examen, Calvert a précisé, dans le cadre de ses travaux sur la cardiomyopathie du Doberman, qu'une tachycardie ventriculaire soutenue (de durée supérieure à 30 secondes) est significativement associée à un risque élevé de mort subite (Calvert *et al.* 1997).
- à partir de quel niveau d'anomalie est-il nécessaire d'envisager une thérapeutique et laquelle, ou de la changer ? Le traitement antiarythmique comporte de nombreux effets indésirables. La décision de le prescrire n'est jamais facile à prendre. Les résultats de l'examen Holter contribuent à cette prise de décision et au suivi thérapeutique. De nombreux paramètres collatéraux (signes cliniques, race et âge de l'animal, état général, statut circulatoire, affections associées, état du myocarde...) sont aussi à prendre en compte.

BILAN D'UNE CENTAINE D'ENREGISTREMENTS HOLTER : RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Dans notre expérience d'une centaine d'examen Holter réalisés avec un Holter analogique puis avec un Holter numérique, 60 % l'ont été dans le but de mettre en évidence la cause d'une fatigue anormale, ou d'une syncope. Le contrôle de l'efficacité d'un traitement a motivé la pose du Holter dans 15 % des cas, et dans les 25 % de cas restants, il s'agissait de détecter les troubles du rythme après une affection prédisposante (suivi post-opératoire de la torsion-dilatation de l'estomac, traumatisme thoracique...).

La très grande majorité des modifications électriques recensées sont physiologiques : tachycardie sinusale émotive ou liée à l'effort, bradycardie sinusale lors du repos ou du sommeil, arythmie sinusale respiratoire. Des extrasystoles rares et monomorphes, des blocs atrio-ventriculaires du second degré peu fréquents et sporadiques sont également rencontrés.

La plupart des dysrythmies pathologiques (environ 50 %) était constitué par des troubles de l'excitabilité ventriculaire. Cette fréquence s'explique par leur caractère souvent transitoire (**figure 4**). L'électrocardiogramme ponctuel est alors insuffisant pour détecter et caractériser ce type de dysrythmie. La présence de quelques extrasystoles ventriculaires isolées et monomorphes ne dispense pas, en particulier dans certaines races comme le doberman ou le boxer, de les considérer comme des marqueurs prédictifs de l'apparition d'une cardiopathie.

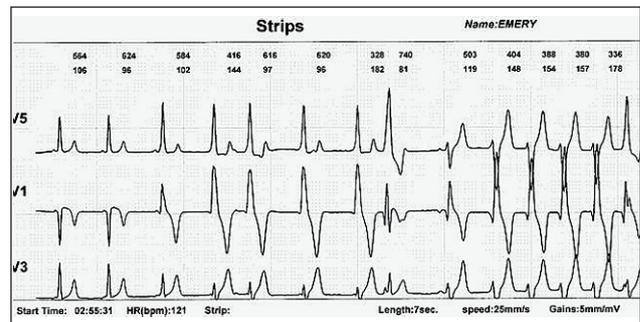


Figure 4 : Début d'un accès de tachycardie ventriculaire déclenchée par l'effort chez un boxer ayant un ECG normal au repos et présentant des syncopes à l'effort. Cet extrait affiche le signal recueilli simultanément par trois dérives V1, V3 et V5. Des complexes d'origine sinusale précèdent des complexes de fusion (association d'une onde P et d'un ventriculogramme d'origine ventriculaire) et des salves de tachycardie ventriculaire (succession de complexes ventriculaires larges d'origine ventriculaire).

Reprenons l'exemple du Doberman : Calvert a démontré que l'évaluation du nombre d'extrasystoles ventriculaires par 24 heures était une méthode fiable et précoce pour diagnostiquer la cardiomyopathie dilatée (Calvert *et al.* 2000 a). Si leur nombre est supérieur à 100 par 24 heures, le chien est atteint de cardiomyopathie. Entre 50 et 100, la cardiomyopathie est probable et le chien devra être réévalué trois à six mois plus tard. Entre 0 et 50, la suspicion de CMD existe et le chien devra subir un nouvel examen un an plus tard.

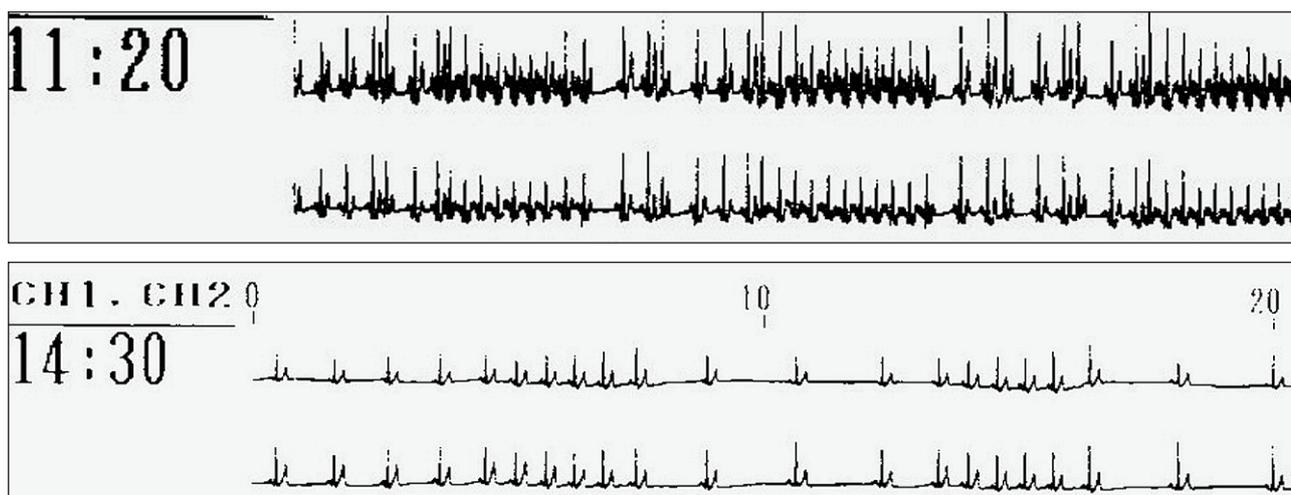


Figure 5: Extraits (à 11h20, puis à 14h30) d'un enregistrement réalisé avec un Holter analogique chez un jeune labrador : la **figure 5a** montre, à partir de deux dérivations simultanées, des salves de tachycardie supraventriculaire paroxystique très rapide (la fréquence atteint 280 battements par minute), due au fonctionnement d'un faisceau accessoire (faisceau de Kent). Cette dysrythmie complexe (syndrome de Wolff Parkinson White) associe un trouble de la conduction (pré-excitation du ventricule par l'intermédiaire d'un faisceau accessoire) et un trouble de l'excitabilité par mécanisme de rentrée. Après traitement par l'amiodarone, antiarythmique de la classe III de Vaughan Williams, qui casse la boucle de rentrée, le rythme redevient sinusal et l'arythmie sinusale respiratoire réapparaît (**figure 5b**). Une des originalités de ce cas est l'absence de préexcitation ventriculaire lorsque la fréquence est normale (Kent caché).

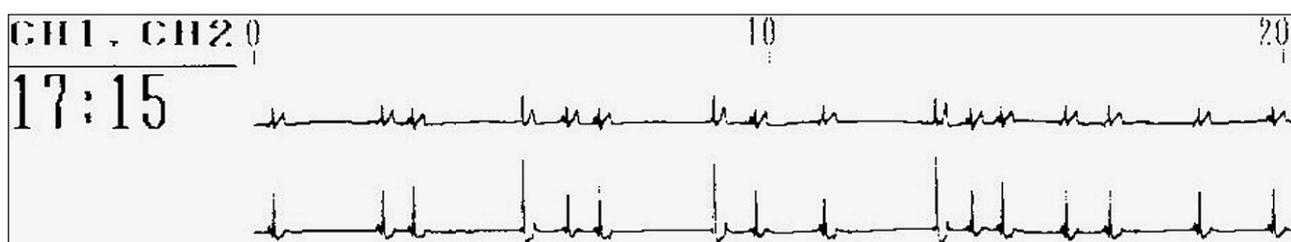


Figure 6: Extrait (20 secondes) d'un tracé Holter sur deux dérivations simultanées CH1 et CH2, montrant une bradycardie sinusale avec échappement jonctionnel chez un fox présentant un glaucome. Le nœud sinusal, pace maker naturel du cœur, est remplacé par un pacemaker accessoire situé au niveau de la jonction atrio-ventriculaire. Les ventriculogrammes d'amplitude plus élevée (4e, 7e, 10e complexe) sont fins, donc d'origine supraventriculaire, non précédés de l'onde P (non sinusaux) et tardifs car ils surviennent après un long silence électrique : ce sont des complexes d'échappement d'origine jonctionnelle. Une dose trop forte de timolol, β bloquant diminuant la pression intraoculaire mais aussi médicament chronotrope négatif et hypotenseur, était responsable de ces accès correspondant cliniquement à des malaises sans perte de connaissance.

Les troubles de l'excitabilité supraventriculaire étant plus soutenus, ils sont plus faciles à diagnostiquer par l'électrocardiographie traditionnelle. En conséquence, ils ne représentent que 20 % des dysrythmies pathologiques de notre série. Le diagnostic des crises de tachycardie supraventriculaire paroxystique, l'étude de leur fréquence et de la durée des accès sont de très bonnes indications de l'examen Holter. Plusieurs cas de tachycardie par faisceau accessoire (syndrome de Wolff Parkinson White) ont pu être reconnus et traités. (**figures 5a et 5b**) (Rousselot, 2001).

Les troubles de la conduction, associés ou non aux troubles déjà décrits (**figures 6, 7**) constituent 30 % des dysrythmies pathologiques. Les pauses sinusales avec ou sans échappement sont les plus fréquentes.

La corrélation entre la dysrythmie et le signe clinique (concordance entre l'anomalie du rythme et le signe clinique décrit par le propriétaire) n'a pu être établie que dans 15 % des cas. Pour 25 % des tracés anormaux, une forte présomption de lien entre la dysrythmie diagnostiquée et les signes cliniques a pu être envisagée. Dans les autres cas (60 %), l'examen Holter n'a pas permis de reconnaître la cause de la symptomatologie.

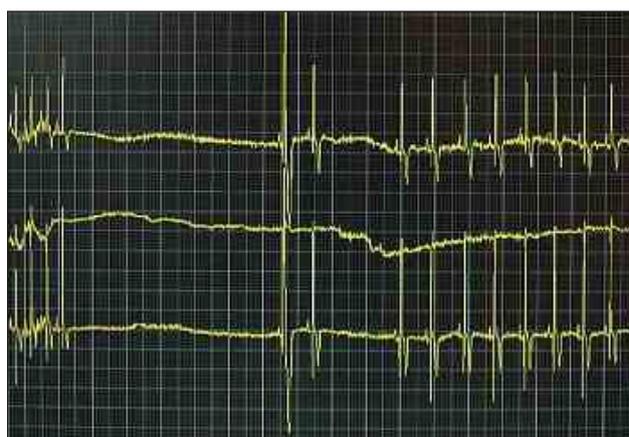


Figure 7: Extrait d'un enregistrement (trois dérivations simultanées) visualisé sur l'ordinateur lors de la lecture systématique du tracé. Il montre une pause sinusale chez un caniche insuffisant cardiaque recevant une dose trop élevée de digoxine. Les effets, chronotrope négatif (ralentissement de la fréquence) et dromotrope négatif (ralentissement de la conduction cardiaque) de la digoxine, sont à l'origine de cette pause sinusale qui dure presque 8 secondes. Un échappement d'origine ventriculaire met fin à cette pose.

DES PERSPECTIVES NOUVELLES

Le chat peut être équipé d'un dispositif Holter. Les indications sont les mêmes que pour le chien. Les cardiomyopathies félines, sont d'excellentes circonstances d'examen Holter : les troubles rythmiques aggravent sévèrement le déficit circulatoire dû à l'altération de la fonction myocardique. La mise en évidence de cardiomyopathie occulte, en détectant des arythmies grâce à l'exploration Holter, comme chez le Doberman, n'a pas encore fait l'objet d'études spécifiques (Petrie, 2005).

Certains auteurs ont proposé de laisser le chat dans une cage, de ne pas fixer le boîtier trop lourd pour l'animal et de le poser à côté de lui. L'inconvénient majeur de cette technique est de ne pas permettre au chat d'avoir une vie normale pendant l'examen Holter. Grâce à l'acquisition d'un nouveau boîtier enregistreur plus petit, sa pose chez le chat est maintenant possible. L'utilisation de ce nouveau boîtier (**figure 1**) est encore trop récente pour estimer l'aide véritable de cette technique.

Enfin, la technique d'enregistrement décrite chez le chien peut être copiée chez le cheval. La recherche de dysrythmie lors de fatigue à l'effort constitue l'indication première de l'examen Holter dans cette espèce.

Une autre méthode d'enregistrement par une seule dérivation est proposée par plusieurs auteurs. Elle consiste à enregistrer le signal uniquement par deux électrodes reliées à un boîtier beaucoup plus léger. L'appareil est mis en fonctionnement par le propriétaire lorsqu'un signe clinique se manifeste. L'appareil est capable de fournir les 30 secondes d'enregistrement électro-

cardiographique ayant précédé son activation et les 30 secondes l'ayant suivie (Goodwin, 1998). Le dispositif étant plus léger et le temps d'enregistrement réel plus court, cette technique permet la recherche d'un trouble pendant plusieurs jours. Certains auteurs la considèrent comme plus apte à corrélérer dysrythmie et signes cliniques, en particulier dans l'exploration des syncopes (Bright & Cali, 2000).

L'enregistrement peut aussi être permanent et se faire par télé-métrie. Les électrodes sont alors implantées sous la peau. Cette technique est réservée principalement à la Recherche.

CONCLUSION

L'examen Holter est une technique d'exploration des phénomènes électriques cardiaques plus complète que l'électrocardiographie ponctuelle, puisqu'elle permet leur étude beaucoup plus approfondie sur 24 heures ou plus. Sa réalisation pratique est simple. En revanche, son interprétation s'avère longue, parfois délicate mais passionnante et riche d'informations. L'arrivée des appareils Holter numériques permet une lecture immédiate (sous réserve de posséder le logiciel adéquat) et la correction d'un certain nombre d'erreurs commises par l'interprétation automatique. Des données bibliographiques plus nombreuses, une meilleure connaissance de la limite entre dysrythmies physiologiques et pathologiques, l'arrivée d'un logiciel d'interprétation adapté au chien devraient faciliter dans l'avenir l'interprétation des résultats obtenus grâce à l'examen Holter.

BIBLIOGRAPHIE

- Adamec, J. & Adamec, R. 2000. *ECG Holter : manuel d'interprétation électrocardiographique*. Éditions Médecine & Hygiène, Genève. pp 17.
- Bright, J.-M. & Cali, J.V. 2000. Clinical usefulness of cardiac event recording in dogs and cats examined because of syncope, episodic collapse, or intermittent weakness: 60 cases (1997 – 1999) *J Am Vet Med Assoc.* 216: 1110 – 1114.
- Buhl, K., Kersten, U., Kramer, S., Mischke, R., Fedrowitz, M., Nolte, I. 2005. Comparison of the influence of different anesthetic protocols in the development of post-anesthetic arrhythmia in the dog. *Dtsch Tierarztl Wochenschr.* 110: 407 – 12.
- Calvert, C.A., Hall G., Jacobs, G., Pickus, C.W., 1997 Clinical and pathologic findings in Doberman pinschers with occult cardiomyopathy that died suddenly or developed congestive heart failure: 54 cases (1984 – 1991) *J Am Vet Med Assoc.* 210: 505 – 511.
- Calvert, C.A., Jacobs, G., Smith, D.D., Rathbun, S.L., Pickus, C.W., 2000 a Association between results of ambulatory electrocardiography and development of cardiomyopathy during long-term follow of Doberman Pinschers. *J Am Vet Med Assoc.* 216: 34 – 39.
- Calvert, C.A., Jacobs, G., Pickus, C.W., Smith, D.D. 2000 b Results of ambulatory electrocardiography in overtly healthy Doberman Pinschers with echocardiographic abnormalities. *J Am Vet Med Assoc.* 217: 1328 – 1333.
- Calvert, C.A. & Wall, M. 2001 a. Effect of severity of myocardial failure on heart rate variability in Doberman pinschers with and without echocardiographic evidence of dilated cardiomyopathy. *J Am Vet Med Assoc.* 219: 1084 – 1088.
- Calvert, C.A. & Wall, M. 2001b. Correlations among time and frequency measures of heart rate variability recorded by use of a Holter monitor in overtly healthy Doberman pinschers with and without echocardiographic evidence of dilated cardiomyopathy. *Am J Vet Res* 62: 1787 – 1792.
- Calvert, C.A. & Wall, M. 2001c. Results of ambulatory electrocardiography in overtly healthy Doberman Pinschers with equivocal echocardiographic evidence of dilated cardiomyopathy. *J Am Vet Med Assoc.* 219: 782 – 784.
- Calvert, C.A. & Wall, M. 2002. Evaluation of stability over time for measures of heart-rate variability in overtly healthy Doberman Pinschers. *Am J Vet Res.* Jan; 63 (1): 53 – 59.
- Calvert, C.A. & Brown, J. 2004. Influence of antiarrhythmia therapy on survival times of 19 clinically healthy Doberman Pinschers with dilated cardiomyopathy that experienced syncope, ventricular tachycardia, and sudden death (1985 – 1998). *J Am Anim Hosp Assoc.* 40: 24 – 28
- Davainis, G.M., Meurs, K.M., Wright, N.A. 2004. The Relationship of Resting S-T Segment Depression to the Severity of Subvalvular Aortic Stenosis and the Presence of Ventricular Premature Complexes in the Dog *J Am Anim Hosp Assoc.* 40: 20 – 23.
- Gelzer, A.R.M., Kraus, M.S., Moïse, N.S., Pariault, R., Charter, M.E., Renaud-Farrell S. Assessment of antiarrhythmic drug efficacy to control heart rate in dogs with atrial fibrillation using 24-hour ambulatory electrocardiographic (Holter) recordings. In *Compte rendu du Congrès ECVIM 2004*, Barcelona, 6 septembre 2004. p. 2.
- Goodwin, J.K. 1998. Holter monitoring and cardiac event recording. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 28: 1391 – 1407.
- Meurs, K.M., Spiers, A.W., Wright, N.A., Hamlin, R.L. 2001 Comparaison of in-hospital versus 24-hours ambulatory electrocardiography for detection of ventricular premature complexes in mature Boxers. *J Am Vet Med Assoc.* 218: 222 – 224.
- Miller, R.H., Lehmkuhl, L.B., Bonagura, J.-D., Beall, M.J. 1999 Retrospective analysis of the clinical utility of ambulatory electrocardiographic (Holter) recordings in syncope dogs: 44 cases (1991-1995). *J Vet Intern Med.* 13: 111 – 122.
- Moïse, N.S. & DeFranco, T. 1995. Twenty-four hour ambulatory electrocardiography (Holter monitoring), In *Kirk's Current Veterinary Therapy XII*, pp.792 – 799. Philadelphia, WB Saunders Co.
- Olsson, K., Lagerstedt, A.-S., Bergström, A., Häggström, J. 2003. Change of diurnal heart rate patterns during pregnancy and lactation in dogs (*Canis familiaris*). *Acta Vet Scand.* 44 (3 – 4):105 – 110.
- Petrie, J.-P. 2005. Practical application of holter monitoring in dogs and cats. *Clin Tech Small Anim Pract.* 20: 173 – 181.
- Rousselot, J.F. 2001. Les tachycardies supra-ventriculaires du labrador In *Compte rendu du Congrès de l'AFVAC*, Lille, 23 – 25 novembre 2001, pp.57 – 58 AFVAC Paris.
- Rousselot, J.-F. 2004. L'examen Holter. In *Compte rendu du Congrès de l'AFVAC*, Paris, 10 – 12 décembre 2004, AFVAC Paris.
- Snyder, P.-S., Cooke, K.L., Murphy, S.T., Shaw, N.G., Lewis, D.D., Lanz, O.I. 2001. Electrocardiographic findings in dogs with motor vehicle-related trauma. *J Am Anim Hosp Assoc.* 37: 55-63.
- Spier, A.W. & Meurs, K.M. 2004 a. Evaluation of spontaneous variability in the frequency of ventricular arrhythmias in Boxers with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *J Am Vet Med Assoc.* 224: 538 – 541.
- Spier, A.W. & Meurs, K.M. 2004 b. Assessment of heart rate variability in Boxers with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *J Am Vet Med Assoc.* 224: 534 – 537.
- Väisänen, M.A., Vainio, M.O., Raekallio, M.R., Hietanen, H., Huikuri, H.V. 2005. Results of 24-hour ambulatory electrocardiography in dogs undergoing ovariohysterectomy following premedication with medetomidine or acepromazine. *J Am Vet Med Assoc.* 226: 738 – 745.

